

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Oktober 2005 (20.10.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/099071 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H02K 11/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/051502

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. April 2005 (04.04.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 016 738.9 5. April 2004 (05.04.2004) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]**; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **SCHREPFER, Armin** [DE/DE]; Schulstr. 9, 91091 Grossenseebach (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

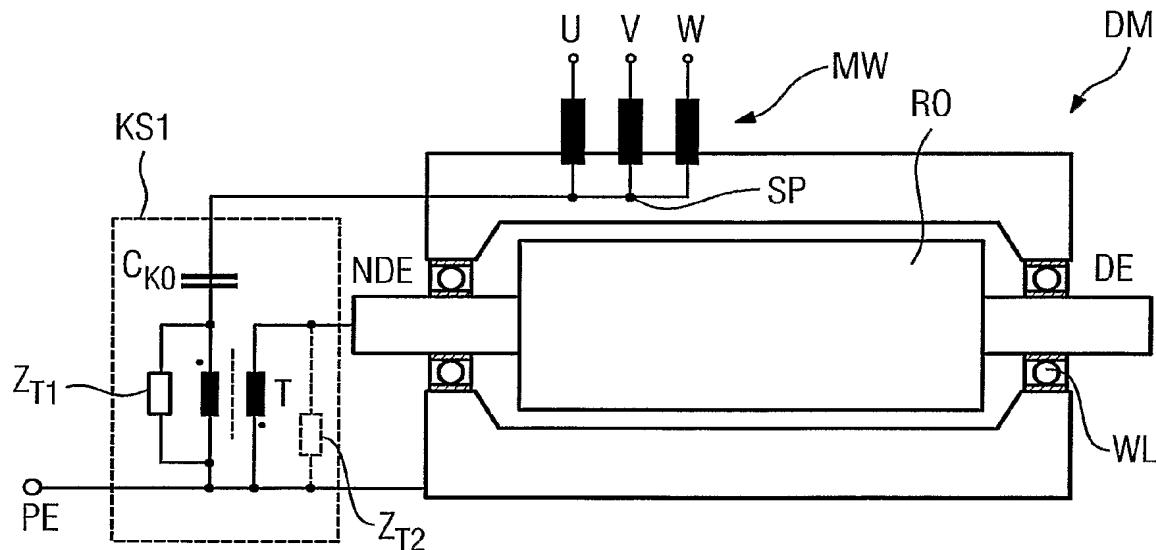
(81) Bestimmungsstaaten (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(54) **Title:** COMPENSATION DEVICE FOR PREVENTING DETRIMENTAL BEARING CURRENTS IN AN ELECTRIC MACHINE AND CORRESPONDING COMPENSATION METHOD

(54) **Bezeichnung:** KOMPENSATIONSVORRICHTUNG ZUR VERMEIDUNG VON SCHÄDLICHEN LAGERSTRÖMEN IN EINER ELEKTRISCHEN MASCHINE UND ENTSPRECHENDES KOMPENSATIONSVERFAHREN



WO 2005/099071 A1

(57) **Abstract:** The aim of the invention is to increase the service life of bearings (WL) in an electric machine (DM). To achieve this the bearing currents (WL) that act on the bearings of the rotor (RO) are reduced by the application of a corresponding negative field voltage to the rotor (RO), obtained with the aid of a compensation unit (KS1). The reduction of the bearing currents prevents ripple formation in the bearing and increased ageing of the lubricant.

(57) **Zusammenfassung:** Die Lebensdauer von Lagern (WL) einer elektrischen Maschine (DM) soll erhöht werden. Dazu werden die Lagerströme an den Lagern (WL) des Rotors (RO) reduziert, indem mit Hilfe einer Kompensationseinrichtung (KS1) an den Rotor (RO) eine entsprechende Gegenspannung angelegt wird. Durch die Reduzierung der Lagerströme wird eine Riffelbildung im Lager und eine erhöhte Fettalterung vermieden.



TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Kompensationsvorrichtung zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen in einer elektrischen Maschine und entsprechendes

5 Kompensationsverfahren

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kompensationsvorrichtung zur Kompensation von Lagerströmen in einer elektrischen maschine sowie eine elektrische Maschine, die mit einer derartigen Kompensationsvorrichtung ausgestattet ist. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein entsprechendes Verfahren zum Kompenieren von Lagerströmen.

Drehzahlveränderbare Motoren werden heute überwiegend von Spannungswischenkreisumrichtern gespeist. Die Speisung durch den Spannungswischenkreisumrichter führt zu Lagerströmen in den Lagern des Motors. Diese Lagerströme können je nach Ausführung des Motors zu einem vorzeitigen Ausfall der Lager führen. Der Ausfall ist auf eine Riffelbildung an den Laufflächen des Lagers (Vibrationen, Geräusche) bzw. eine Zersetzung des Lagerfetts zurückzuführen.

Um Lagerströme zu unterbinden wurden daher vielfach stromisierte Lager, z. B. Lager mit Keramikisolierung am Außenring, verwendet. Alternativ wurden Hybridlager mit Stahlringen und Keramik-Walzkörpern zur Vermeidung der Lagerströme eingesetzt. Diese Lager sind jedoch sehr teuer und werden daher soweit wie möglich vermieden. Darüber hinaus sind zur Vermeidung von Lagerströmen Lösungen bekannt, bei denen der Rotor mit Erdungsbürsten geerdet wird. Die Erdungsbürste unterliegt jedoch Verschleiß und die Kontaktsicherheit ist nicht gegeben, speziell unter schwierigen Umgebungsbedingungen. Weiterhin wird von der Firma Rockwell in einem "Industry White Paper" mit dem Titel "Inverter-Driven Induction Motors Shaft and Bearing Current Solutions" vorgeschlagen, zwischen Rotor und Stator eine spezielle Schirmung vorzunehmen. Des Weiteren sind in diesem Zusammenhang auch Umrichter mit speziellem

Pulsmuster zur Reduzierung der Lagerströme bekannt. All diesen Lösungen ist gemeinsam, dass sie verhältnismäßig teuer bzw. aufwändig sind.

5 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine elektrische Maschine vorzuschlagen, bei der die Problematik der Lagerströme auf vereinfachte Weise gelöst ist. Darüber hinaus soll ein entsprechendes Verfahren angegeben werden.

10

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Kompensationsvorrichtung zur Kompensation von Lagerströmen in einer elektrischen Maschine mit einer Anschlusseinrichtung zum Anschließen an mindestens eine Wicklung, an das Gehäuse und an den Rotor der elektrischen Maschine und einer Spannungserezeugungseinrichtung zum Erzeugen einer Kompensationsspannung für den Rotor der elektrischen Maschine in Abhängigkeit von der an der mindestens einen Wicklung anliegenden Betriebsspannung der elektrischen Maschine.

15

Darüber hinaus ist entsprechend der vorliegenden Erfindung vorgesehen ein Verfahren zum Kompensieren von Lagerströmen in einer elektrischen Maschine durch Erzeugen einer Kompensationsspannung für den Rotor der elektrischen Maschine in Abhängigkeit von einer Betriebsspannung der elektrischen Maschine und Anlegen der Kompensationsspannung an den Rotor der elektrischen Maschine.

Mit der einfach aufgebauten, erfindungsgemäßen Kompensationsvorrichtung wird an das Lager eine entsprechende Gegenspannung angelegt, so dass die durch die übliche Betriebsspannung an der elektrischen Maschine hervorgerufene elektrische Spannung an den Lagern kompensiert wird. Damit fließen keine Ströme mehr über die Lager und die Lebensdauer der elektrischen Maschine kann entsprechend erhöht werden.

Vorzugsweise umfasst die Spannungserzeugungseinrichtung der erfindungsgemäßen Kompensationsvorrichtung einen Transformator, dessen Primärwicklung zwischen die mindestens eine Wicklung und das Gehäuse der elektrischen Maschine und dessen Sekundärwicklung zwischen den Rotor und das Gehäuse der elektrischen Maschine geschaltet ist. Der Transformator stellt ein kostengünstiges passives Element für die Realisierung der Kompensation dar.

Der Transformator kann mit Netzwerken, z. B. RC-Kombinationen, Varistoren, beschaltet sein, um die Kompensationsspannung individuell für die Maschine einzustellen.

Alternativ zu dem Transformator kann die Spannungserzeugungseinrichtung einen Aktivschaltkreis umfassen, mit dem aus der an der elektrischen Maschine anliegenden Betriebsspannung die Kompensationsspannung erzeugbar ist. Mit einer derartigen Aktivschaltung kann eine noch exaktere Kompensation durchgeführt werden.

Die Betriebsspannung der elektrischen Maschine enthält häufig eine Gleichtaktspannung, welche eine wesentliche Ursache für Lagerströme ist. Daher ist es günstig, die Gleichtaktspannung als Eingangsgröße für die Spannungserzeugungseinrichtung zu verwenden. Die Lagerspannungen sind in der Regel nur über ein motorspezifisches Übersetzungsverhältnis von der Gleichtaktspannung abhängig.

In einer besonderen Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Kompensationsvorrichtung eine Sternschaltung auf, mit der die Phasen der elektrischen Maschine in einem Sternpunkt verschaltet sind, wobei die Spannung an dem Sternpunkt als Eingangsspannung für die Spannungserzeugungseinrichtung dient. Mit diesem künstlich geschaffenen Sternpunkt ist man nicht darauf angewiesen, dass die Wicklungen der Maschine in einem Sternpunkt verschaltet sind oder der Sternpunkt in der Maschine zugänglich ist.

Vorzugsweise ist eine dreiphasige elektrische Maschine mit der Kompensationsvorrichtung ausgestattet. Dabei ist es, wie bereits erwähnt, besonders günstig, wenn in der Maschine ein Sternpunkt vorhanden ist und die Spannung an dem Sternpunkt 5 als Eingangsspannung für die Spannungserzeugungseinrichtung abgreifbar ist. Damit bedarf es keines künstlichen Sternpunkts für die Erzeugung der Kompensationsspannung.

Die oben genannte Aufgabe wird auch gelöst durch eine Kompen-
10 sationsvorrichtung zur Vermeidung von schädlichen Lagerströ-
men mit einem ersten Anschluss zum Anschließen an den Rotor
einer elektrischen Maschine, einem zweiten Anschluss zum An-
schließen an das Gehäuse oder ein Potential eines Spannungs-
zwischenkreisumrichters der elektrischen Maschine und einer
15 Impedanz mit geringem HF-Widerstand, die zwischen den ersten
und den zweiten Anschluss geschaltet ist. Eine erfindungsge-
mäßige elektrische Maschine kann mit einer derartigen Kompensa-
tionsvorrichtung ausgestattet sein. Dabei ist der Gedanke
der, den Rotor über die Kompensationsvorrichtung nur HF-mäßig
20 zu erden. Damit können EDM-Lagerströme vermieden werden, d.
h. die Versorgungsspannung des Motors wird in diesem Fall
nicht genutzt.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten
25 Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 ein Schaltbild eines mit einem Spannungszwischen-
kreisumrichter in Zweipunkt-Schaltung versorgten Mo-
tors;

30 FIG 2 eine Schnittzeichnung durch einen Motor;
FIG 3 ein einphasiges Ersatzschaltbild des Motors von FIG
2;
FIG 4 eine Darstellung eines Zirkularflusses und Lager-
stroms;

35 FIG 5 ein elektrisches Ersatzschaltbild zur Erklärung des
Lagerstroms durch Zirkularfluss;

FIG 6 den Motor von FIG 2 mit elektrischer Beschaltung;
FIG 7 das der Beschaltung von FIG 6 entsprechende Ersatzschaltbild mit Lagerstromsignalformen;
FIG 8 eine erfindungsgemäße Beschaltung eines Motors mit
5 einer Kompensationsvorrichtung, die am Sternpunkt der Motorwicklung angeschlossen ist;
FIG 9 eine Beschaltung eines Motors mit einer Kompensationsvorrichtung, wobei der Sternpunkt des Motors nicht zugänglich ist;
10 FIG 10 ein Schaltungsdiagramm einer Kompensationsvorrichtung mit aktiven Bauteilen; und
FIG 11 ein Beispiel für eine Koppeleinrichtung zur Kopplung der Kompensationsspannung an den Rotor.
15 Die nachfolgend näher beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

Die Ursache für umrichterbedingte Lagerströme ist die sogenannte "Gleichtaktspannung" oder Common Mode Spannung im Pulsmuster des Spannung zwischenkreisumrichters UR, der in FIG 1 dargestellt ist. Die am Motor DM anliegende Gleichtaktspannung U_o kann man z. B. bei einer Sternschaltung der Motorwicklungen zwischen Sternpunkt und Motorgehäuse unmittelbar messen. Die elektronischen Schaltelemente SE des Spannung zwischenkreisumrichters UR schalten die Spannung U_d des Zwischenkreises ZK nach einem Steuerverfahren auf die Motorwicklungen MW. Man unterscheidet zwischen sogenannten Online- und Offline-Steuerverfahren. Unabhängig vom eingesetzten Steuerverfahren ergibt sich ein prinzipieller Spannungsverlauf U_o am Sternpunkt SP gemäß FIG 1. Dieser Spannungsverlauf resultiert aus den ebenfalls in FIG 1 eingezeichneten Spannungen U_{LL} zwischen den Phasen.
35 Das Ein- und Ausschalten der elektronischen Schaltelemente SE führt zu einer Spannungsänderung an den parasitären Kapazitäten im Motor und damit zu einem Stromfluss. FIG 2 zeigt diese

parasitären Kapazitäten in einem Drehstrommotor DM, der einen Stator ST und einen Rotor RO umfasst. Die Welle WE des Rotors RO ist z. B. über Wälzlagere WL am Stator ST gelagert. An den Wicklungen WI des Stators ST liegt die Spannung U an.

5

Dieser Motoraufbau (vgl. auch FIG 3) führt zu einer Kapazität C_{wh} zwischen Motorwicklung und Motorgehäuse, eine Kapazität C_{wr} zwischen Motorwicklung und Rotor, einer Kapazität C_{rh} zwischen Rotor und Motorgehäuse, einer wirksamen Kapazität C_b 10 zwischen Wälzkörpern und Lagerringen, einem nichtlinearen Widerstand Z_n des Schmierfilms und einem wirksamen Widerstand R_b des Lagers bestehend aus Lagerringen und Wälzkörpern.

Aus diesen elektrischen Größen resultiert das in FIG 3 wiedergegebene einphasige Ersatzschaltbild eines Drehstrommotors 15 einschließlich des elektrischen Ersatzschaltbilds für die Impedanz Z_b des Wälzlagers WL. Demnach liegt die Kapazität C_{wh} zwischen der Phase U und der Erde PE. Parallel zu dieser Kapazität C_{wh} ist eine Serienschaltung der Kapazitäten C_{wr} und 20 C_{rh} angeordnet. Wiederum parallel zu der Kapazität C_{rh} befindet sich die Lagerimpedanz Z_b . Diese Lagerimpedanz Z_b besteht aus einer Parallelschaltung der Kapazität C_b und des Schmierfilmwiderstands Z_n , die mit dem Lagerwiderstand R_b in Serie geschaltet ist.

25

Eine Änderung der Gleichtaktspannung U_o erzeugt einen Stromfluss durch die Kapazität C_{wh} . Aus diesem Strom resultiert ein Zirkularlfuss ZF in den Motorwicklungen MW, der zu einem schädlichen Lagerstrom I_{Lager} führen kann, wie dies in FIG 4 30 angedeutet ist. Der Lagerstrom I_{Lager} führt durch das Statorblechpaket des Stators ST, durch die Wälzlagere WL, durch den Rotor RO und an der anderen Stirnseite des Drehmomentmotors DM zurück durch die Wälzlagere WL zum Stator ST.

35 Der in FIG 5 dargestellte Strom I_e durch die Kapazität C_{wh} ist die Quelle für die Wellenspannung U_s . Die Wellenspannung U_s und der Strom I_e sind transformatorisch über die Konstruktion

des Motors verknüpft. Die Wellenspannung U_s teilt sich auf die beiden Motorlager auf. Die Ersatzschaltbilder für die Wälzläger an der Antriebsseite DE und Nichtantriebsseite NDE des Motors sind in FIG 5 entsprechend eingezeichnet.

5

Der Schmierfilm im Wälzläger kann nur eine bestimmte Spannung isolieren, dann bricht er durch. Jetzt kann sich ein schädlicher Lagerstrom ausbilden. Die Durchbruchspannung ist abhängig von der Schmierfilmdicke und damit von der Drehzahl, Temperatur und Belastung des Lagers. Die Durchbruchspannung liegt im Bereich 0,3 ... 35 V. Derartige Lagerströme sind in dem Aufsatz von S. Chen, T. A. Lipo, D. Fitzgerald, "Modeling of bearing currents in inverter drives", IEEE Transactions on Industry Applications, Band 32, S. 21 - 31, 1996 beschrieben.

10 Durch eine geeignete Gegenspannung U_k kann erfindungsgemäß die Spannung über den Wälzlagern auf Werte unterhalb der Durchbruchspannung gehalten werden. Damit wird der beschriebene Lagerstrom durch den Zirkularfluss verhindert. Ein durch den Zirkularfluss verursachter Strom fließt jetzt über die Kompensationsvorrichtungen (FIG 5).

15 Schädliche Lagerströme können auch durch Entladungseffekte entstehen. Dabei wird (vgl. FIG 6 und FIG 7) die Kapazität des Wälzlagers C_b über den kapazitiven Spannungsteiler bestehend aus C_{wr} , C_{rh} und C_b aufgeladen, solange der Schmierfilm diese Spannung isolieren kann. Beim Erreichen der Durchbruchspannung wird die Kapazität C_b lagerintern kurzgeschlossen und die Kapazität C_{rh} entlädt sich in diesen Kurzschluss. Solange der Schmierfilm isoliert, ist die Spannung über dem Lager ein Abbild der Gleichtaktspannung entsprechend dem durch die Motorkonstruktion vorgegebenen Übersetzungsverhältnis BVR (bearing voltage ratio).

35

Das Übersetzungsverhältnis BVR ist gegeben durch das Verhältnis der Spannung U_{zb} an der Lagerimpedanz Z_b und der Spannung

$U_{C_{wh}}$ an der Kapazität C_{wh} . Dieses Verhältnis liegt typischerweise zwischen 0,02 und 0,2. In FIG 7 ist die Spannung U_{zb} für einen kleinen Wert von BVR und einen großen Wert von BVR in ihrem Verlauf angedeutet. Dabei wird die Schaltung bzw.

5 die Motorwicklung über eine Impedanz Z mit der halben Zwischenkreisspannung $0,5 U_d$ versorgt, die den gleichen Signalverlauf hat wie die Spannung U_{zb} . Auch in diesem Fall kann das Aufladen des Lagers durch eine geeignete Gegenspannung U_k verhindert werden.

10

Mit einer erfindungsgemäßen Schaltung KS1 bzw. KS2 (vgl. FIG 8 und FIG 9) erfolgt eine Kompensation der durch die Gleichtaktspannung U_o erzeugten Lagerspannung U_{zb} . Dazu wird die auf die Motorklemmen geschaltete Gleichtaktspannung U_o entweder direkt verwendet (FIG 8) oder nachgebildet (FIG 9). Die Kompensationsschaltung KS1 bzw. KS2 erzeugt mit Hilfe der Gleichtaktspannung U_o eine Gegenspannung zur Minimierung der Lagerströme. Sie kann mit passiven oder aktiven Bauelementen ausgeführt sein. Entsprechend der Konstruktion des Motors DM 20 erfolgt die Einkopplung auf der Antriebsseite (DE) oder der Nicht-Antriebsseite (NDE), damit sich die gewünschte Kompensation ergibt. Die Einkopplung der Kompensations- bzw. Gegenspannung kann auch kapazitiv durch einen Kondensator C_{KR} erfolgen (FIG 9).

25

Die Kompensationseinrichtung KS1 bzw. KS2 besteht in der einfachsten Ausführung aus einem Impulsübertrager bzw. Transistor T, der die Gleichtaktspannung U_o entsprechend dem BVR des Motors mit entsprechendem Vorzeichen als Gegenspannung auf den Rotor RO koppelt. Die Gleichtaktspannung U_o erreicht bei üblichen Spannungzwischenkreisumrichtern Werte bis zur halben Zwischenkreisspannung U_d . Bei einem BVR von z. B. 5 % und einer Gleichtaktspannung U_o von 300 V muss eine Gegenspannung von 15 V erzeugt werden. Die Gegenspannung kann über einen Schleifkontakt oder über eine kapazitive Koppeleinrichtung auf den Rotor RO gelegt werden.

Zur Anpassung der Spannungsform der Gegenspannung ist der Impulsübertrager T mit Beschaltungsnetzwerken Z_{T1} , Z_{T2} versehen. Diese Beschaltung Z_{T1} , Z_{T2} kann z. B. eine RC-Kombination und/oder ein Varistor sein.

5

Der Impulsübertrager T wird über einen oder mehrere Koppelkondensatoren gespeist. Steht die Gleichtaktspannung U_o am Sternpunkt SP zur Verfügung (vgl. FIG 8), ist nur ein Koppelkondensator C_{K0} erforderlich, der am Sternpunkt SP der Motorwicklung MW angeschlossen wird. Ist dieser Sternpunkt SP nicht verfügbar (vgl. FIG 9), z. B. bei einer Dreieckwicklung, schaltet man die Koppelkondensatoren C_{K1} , C_{K2} , C_{K3} auf die Motorklemmen U, V, W. Die drei Koppelkondensatoren C_{K1} , C_{K2} , C_{K3} bilden einen Sternpunkt SP' , an dem sich die Gleichtaktspannung U_o ausbildet.

Entsprechend FIG 10 kann die Kompensationsvorrichtung KS3 auch mit aktiven Bauelementen ggf. digital ausgeführt sein. Die Hilfsenergie Uh zur Versorgung des aktiven Schaltkreises AS kann aus der Motorspannung gewonnen oder von extern bereitgestellt werden. Die Gleichtaktspannung U_o wird entweder unmittelbar erfasst oder über ein Netzwerk NW oder aus den Ansteuersignalen des Spannung zwischenkreisumrichters UR gewonnen. Aus der Gleichtaktspannung U_o und den Motor daten wird eine Gegenspannung ermittelt und über einen Verstärker AMP und die Koppeleinrichtung C_{KR} auf den Rotor gegeben.

Der aktive Schaltkreis (AS) kann auch so ausgeführt sein, dass die Kompensationsvorrichtung KS3 den Rotor HF-mäßig erdet, unabhängig von der Gleichtaktspannung U_o .

Um die Gegenspannung zuverlässig und verschleißfrei auf den Rotor zu schalten, wird man einen Schleifkontakt vermeiden. FIG 11 zeigt eine Realisierungsmöglichkeit für die Koppeleinrichtung C_{KR} . Dabei wird eine Buchse BU über die Rotorwelle WE gesteckt und mit einem Isolierteil IT zentriert. Die Buchse BU bildet mit der Rotorwelle WE einen Zylinder kondensator.

Die Buchse BU und das Isolierteil IT können z. B. auch als ein Bauteil ausgeführt sein, welches wie ein Lager montiert wird.

- 5 Bei Einsatz der erfundungsgemäßen Kompensationsvorrichtung KS1 bis KS3 sind keine teuren stromisierten Lager oder Hybridlager zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen erforderlich. In vorteilhafter Weise erhöht sich dann ohne die Lagerströme die Lebensdauer des Lagers aufgrund der nicht entstehenden Riffelung oder der geringeren Fettalterung.
- 10

Patentansprüche

1. Kompensationsvorrichtung zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen in einer elektrischen Maschine (DM) mit
 - 5 - einer Anschlusseinrichtung zum Anschließen an mindestens eine Wicklung (MW), an das Gehäuse und an den Rotor (RO) der elektrischen Maschine (DM) und
 - einer Spannungserzeugungseinrichtung zum Erzeugen einer Kompensationsspannung (U_k) für den Rotor (RO) der elektrischen Maschine in Abhängigkeit von der an der mindestens 10 einen Wicklung (MW) anliegenden Betriebsspannung (U_d) der elektrischen Maschine.
2. Kompensationsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die an der Wicklung (MW) anliegende Betriebsspannung aus den Ansteuer-signalen eines Spannungszwischenkreisumrichters (UR) gewonnen ist.
3. Kompensationsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die 15 Spannungserzeugungseinrichtung einen Transformator (T) umfasst, dessen Primärwicklung zwischen die mindestens eine Wicklung (MW) und das Gehäuse der elektrischen Maschine (DM) und dessen Sekundärwicklung zwischen den Rotor (RO) und das Gehäuse der elektrischen Maschine (DM) geschaltet ist.
- 25 4. Kompensationsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei parallel zu der Primär- oder Sekundärwicklung ein Netzwerk (Z_{T1} , Z_{T2}) zur Anpassung der Kompensationsspannung geschaltet ist.
- 30 5. Kompensationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden An-sprüche, wobei die Spannungserzeugungseinrichtung einen Aktivschaltkreis (AS) umfasst, mit dem aus der an der elektri-schen Maschine anliegenden Betriebsspannung (U_d) die Kompen-sationsspannung (U_k) erzeugbar ist.
- 35 6. Kompensationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden An-sprüche, die eine Sternschaltung aufweist, mit der die Phasen

der elektrischen Maschine in einem Sternpunkt (SP) verschaltet sind, wobei die Spannung (U_o) an dem Sternpunkt (SP) als Eingangsspannung für die Spannungserzeugungseinrichtung dient.

5

7. Elektrische Maschine mit einer Kompensationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, die dreiphasig ist.

10

9. Elektrische Maschine nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Wicklungen (MW) der elektrischen Maschine (DM) in einem Sternpunkt (SP) verschaltet sind und die Spannung (U_o) an dem Sternpunkt (SP) als Eingangsspannung für die Spannungserzeugungseinrichtung dient.

15

10. Verfahren zum Kompensieren von Lagerströmen in einer elektrischen Maschine (DM) durch

- Erzeugen einer Kompensationsspannung (U_k) für den Rotor (RO) der elektrischen Maschine (DM) in Abhängigkeit von einer Betriebsspannung (U_d) der elektrischen Maschine und
- Anlegen der Kompensationsspannung (U_k) an den Rotor (RO) der elektrischen Maschine.

25

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Kompensationsspannung (U_k) mit einem Transformator (T) erzeugt wird, der die an mindestens einer der Wicklungen (MW) der elektrischen Maschine (DM) anliegenden Primärspannung für die Kompensationsspannung (U_k) transformiert.

30

12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Kompensationsspannung (U_k) durch einen Aktivschaltkreis (AS) erzeugt wird.

35

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die Betriebsspannung (U_d) der elektrischen Maschine eine Gleichspannung ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die elektrische Maschine dreiphasig betrieben wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Wicklungen (MW) der elektrischen Maschine (DM) in einem Sternpunkt (SP, SP') zusammengeschaltet sind und die Spannung an dem Sternpunkt (SP, SP') zur Erzeugung der Kompensationsspannung (U_k) verwendet wird.

10 16. Kompensationsvorrichtung zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen mit

- einem ersten Anschluss zum Anschließen an den Rotor (RO) einer elektrischen Maschine (DM),
- einem zweiten Anschluss zum Anschließen an das Gehäuse oder ein Potential eines Spannungszwischenkreisumrichters (UR) der elektrischen Maschine (DM) und
- einer Impedanz mit einem DC-Widerstand und einem diesen gegenüber verminderten HF-Widerstand, die zwischen den ersten und zweiten Anschluss geschaltet ist.

20

17. Elektrische Maschine mit einer Kompensationsvorrichtung nach Anspruch 16.

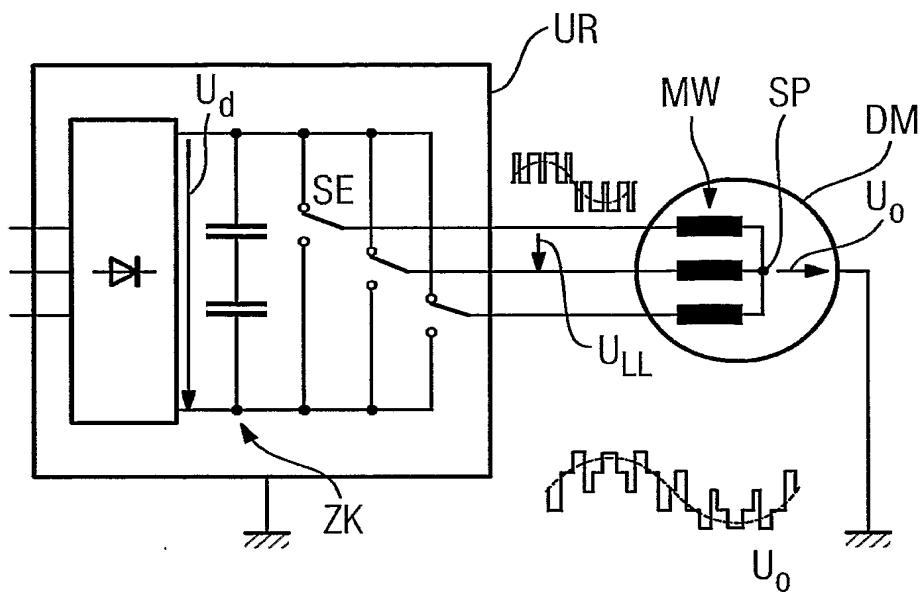
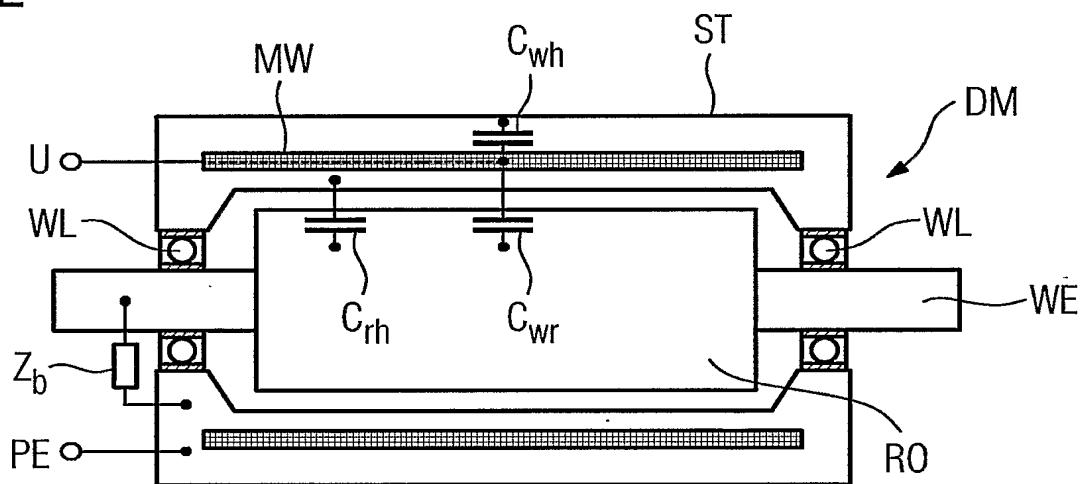
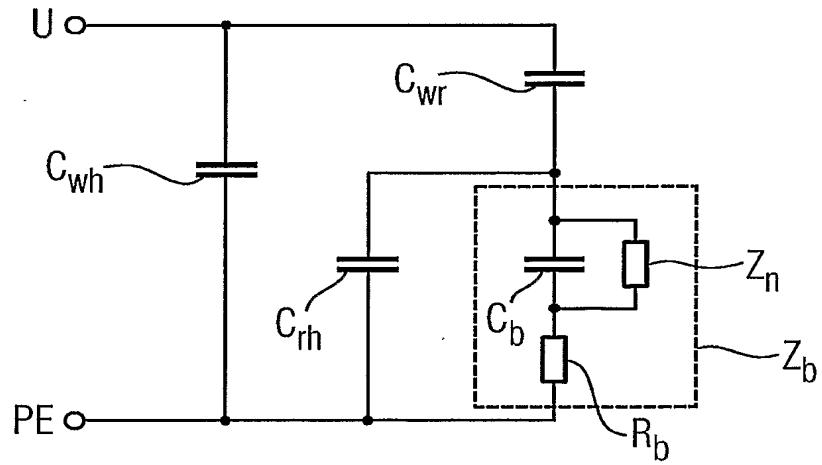
FIG 1**FIG 2****FIG 3**

FIG 4

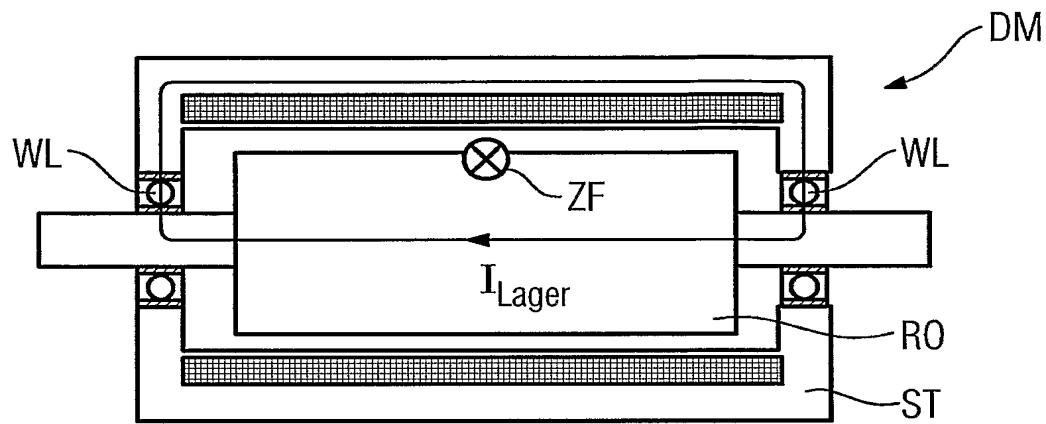


FIG 5

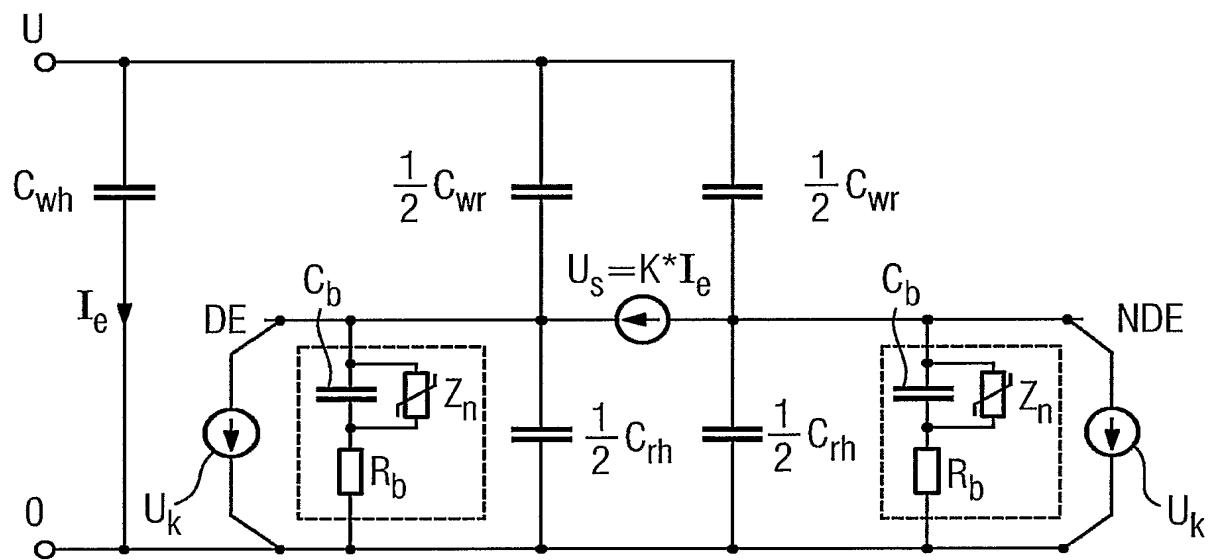


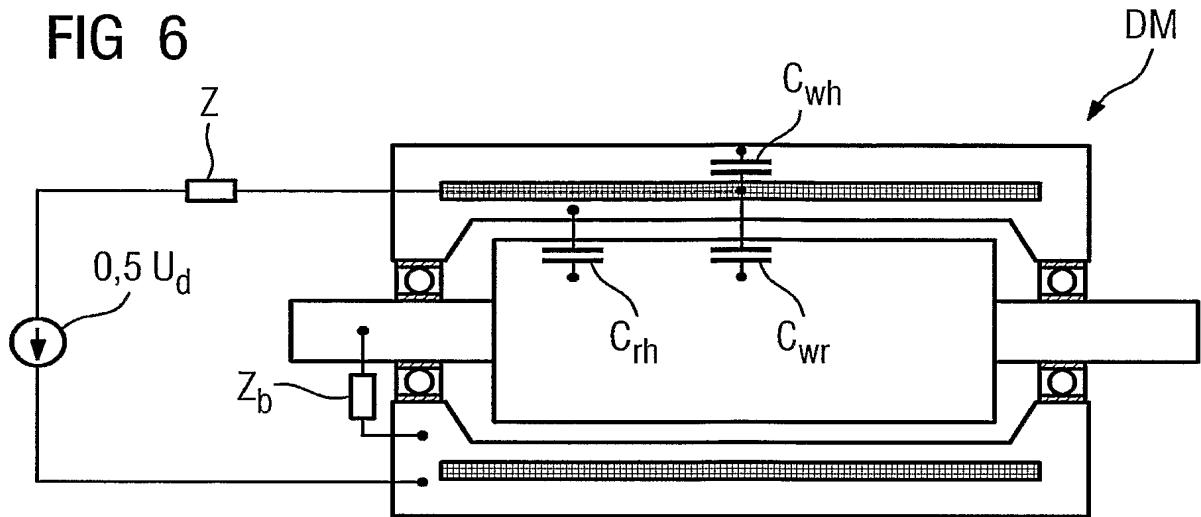
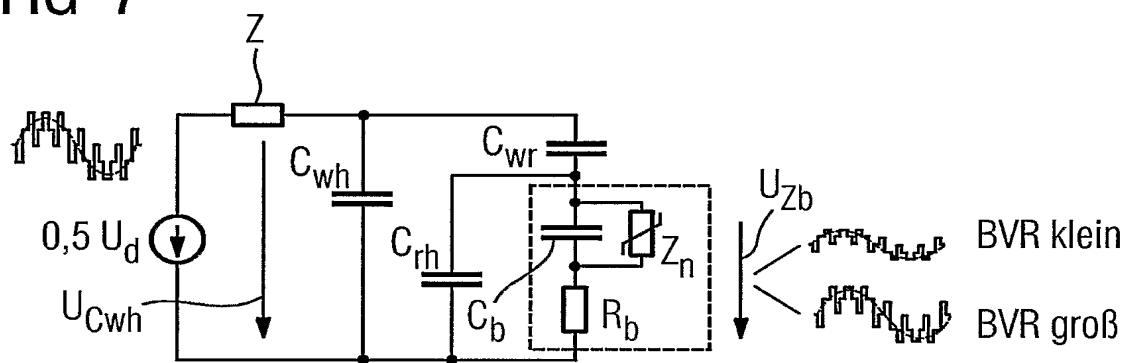
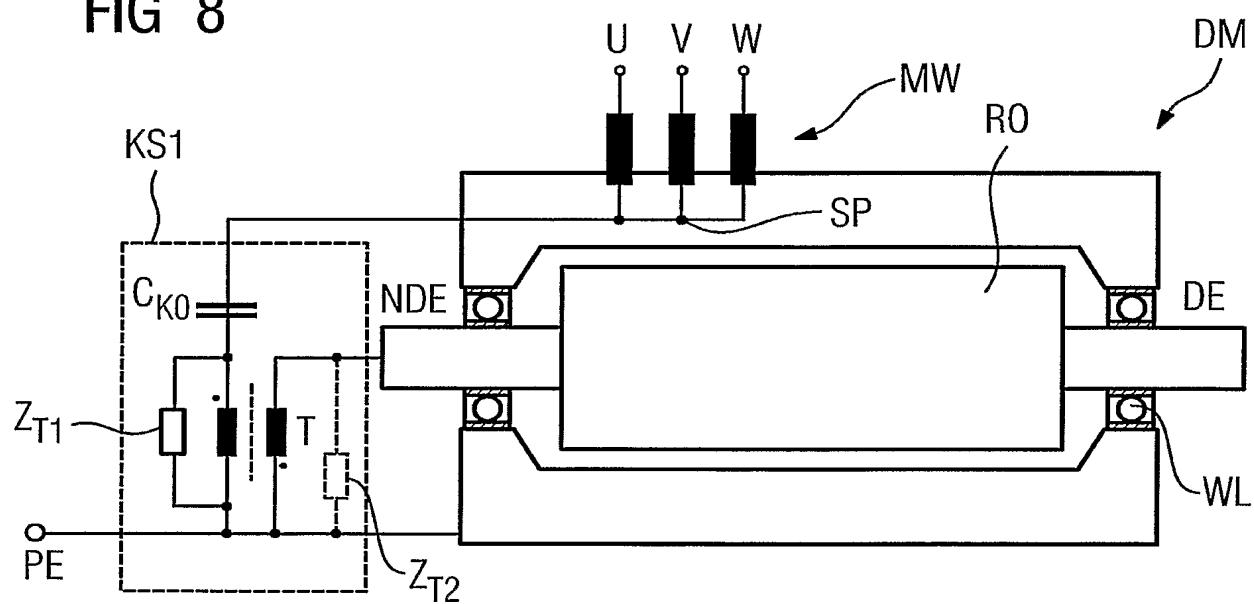
FIG 6**FIG 7****FIG 8**

FIG 9

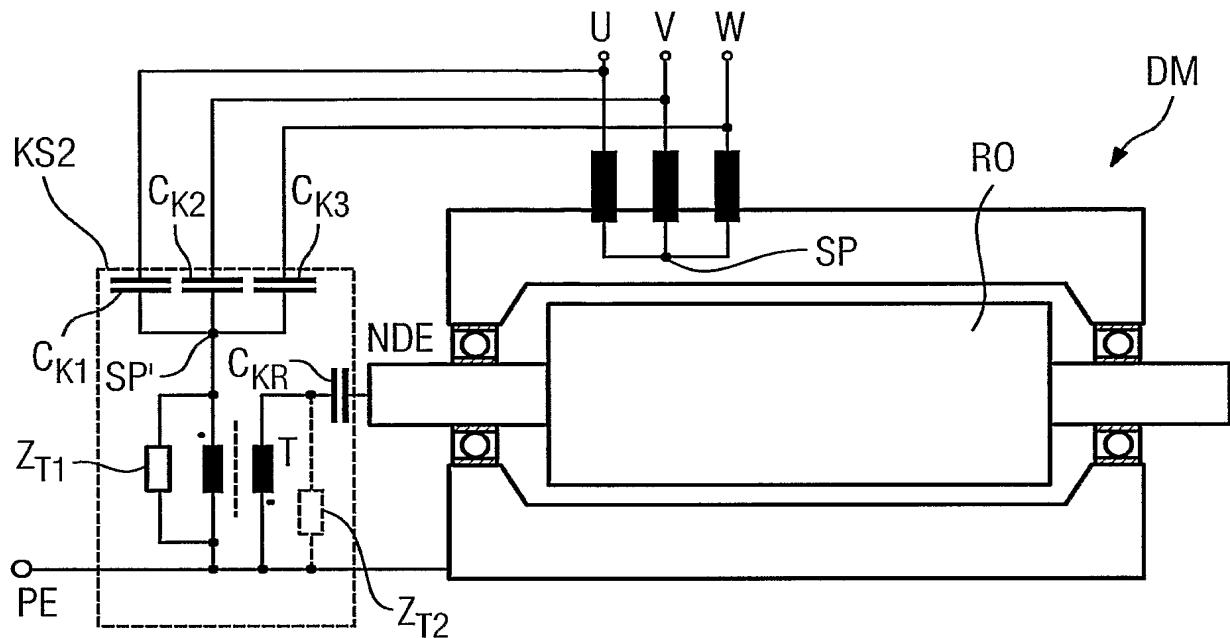


FIG 10

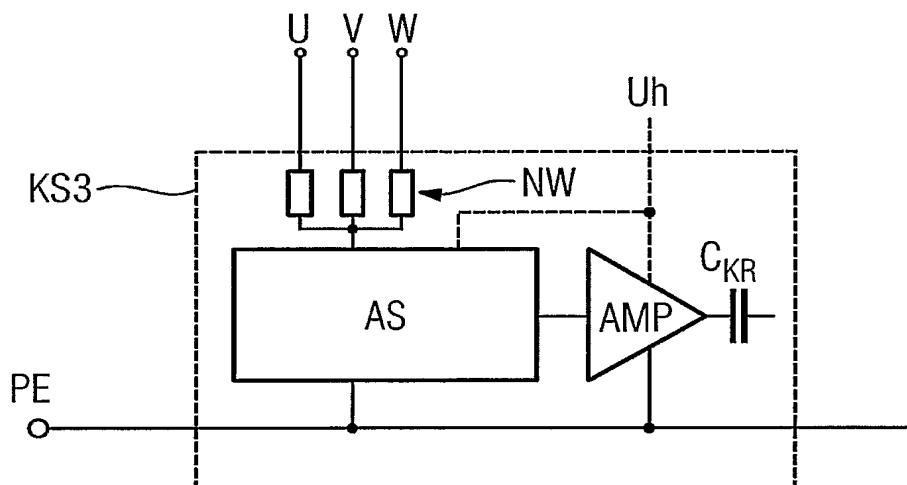
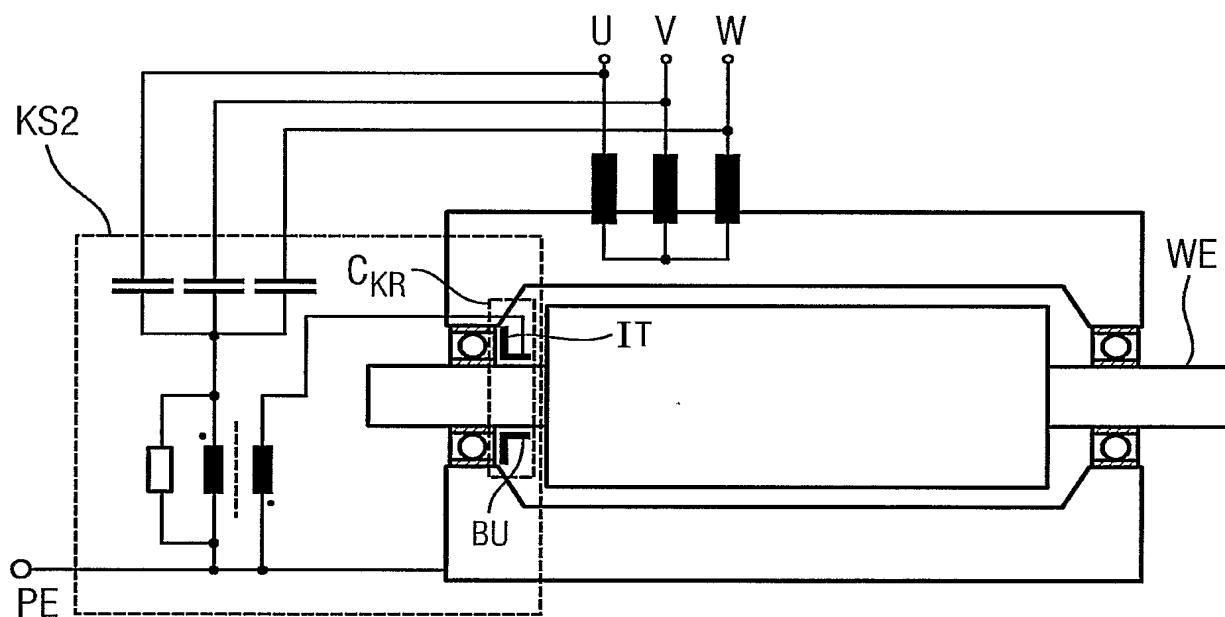


FIG 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/051502

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H02K11/00

CORRECTED VERSION

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H02K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 05, 30 April 1998 (1998-04-30) -& JP 10 014159 A (MATSUSHITA SEIKO CO LTD), 16 January 1998 (1998-01-16) abstract ----- -/-	1,10,16

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

• Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 July 2005

Date of mailing of the international search report

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Roy, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2005/051502

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CHENGGANG MEI ET AL: "Minimization and cancellation of common-mode currents, shaft voltages and bearing currents for induction motor drives" PESC'03. 2003 IEEE 34TH. ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE. CONFERENCE PROCEEDINGS. ACAPULCO, MEXICO, JUNE 15 - 19, 2003, ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE, NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. VOL. 4 OF 4. CONF. 34, 15 June 2003 (2003-06-15), pages 1127-1132, XP010647631 ISBN: 0-7803-7754-0 figures 4-6 ----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 244 (E-346), 30 September 1985 (1985-09-30) -& JP 60 096150 A (NISHISHIBA DENKI KK), 29 May 1985 (1985-05-29) abstract ----- EP 1 445 850 A (AB SKF) 11 August 2004 (2004-08-11) figure 1 -----	1,10,16 1 1-3, 6-11, 13-15
P,X		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2005/051502

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
JP 10014159	A 16-01-1998	NONE		
JP 60096150	A 29-05-1985	NONE		
EP 1445850	A 11-08-2004	DE 20301956 U1 BR 0400479 A CA 2455198 A1 CN 1531158 A EP 1445850 A1 HU 0400111 A2 JP 2004242496 A PL 364840 A1 US 2004189115 A1		17-06-2004 24-05-2005 07-08-2004 22-09-2004 11-08-2004 28-01-2005 26-08-2004 09-08-2004 30-09-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/051502

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H02K11/00

BERICHTIGTE FASSUNG

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H02K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 05, 30. April 1998 (1998-04-30) -& JP 10 014159 A (MATSUSHITA SEIKO CO LTD), 16. Januar 1998 (1998-01-16) Zusammenfassung ----- -/-	1,10,16

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht alle auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
---	--

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 5. Juli 2005	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 21.07.2005
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Roy, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/051502

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
7 A	CHENGGANG MEI ET AL: "Minimization and cancellation of common-mode currents, shaft voltages and bearing currents for induction motor drives" PESC'03. 2003 IEEE 34TH. ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE. CONFERENCE PROCEEDINGS. ACAPULCO, MEXICO, JUNE 15 - 19, 2003, ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE, NEW YORK, NY : IEEE, US, Bd. VOL. 4 OF 4. CONF. 34, 15. Juni 2003 (2003-06-15), Seiten 1127-1132, XP010647631 ISBN: 0-7803-7754-0 Abbildungen 4-6 -----	1,10,16
3 A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 009, Nr. 244 (E-346), 30. September 1985 (1985-09-30) -& JP 60 096150 A (NISHISHIBA DENKI KK), 29. Mai 1985 (1985-05-29) Zusammenfassung -----	1
1 P,X	EP 1 445 850 A (AB SKF) 11. August 2004 (2004-08-11) Abbildung 1 -----	1-3, 6-11, 13-15
2		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/051502

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 10014159	A 16-01-1998	KEINE	
JP 60096150	A 29-05-1985	KEINE	
EP 1445850	A 11-08-2004	DE 20301956 U1 BR 0400479 A CA 2455198 A1 CN 1531158 A EP 1445850 A1 HU 0400111 A2 JP 2004242496 A PL 364840 A1 US 2004189115 A1	17-06-2004 24-05-2005 07-08-2004 22-09-2004 11-08-2004 28-01-2005 26-08-2004 09-08-2004 30-09-2004